



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 41 10 858 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**G 01 C 5/00**  
G 01 C 9/00

⑳ Aktenzeichen: P 41 10 858.2  
㉔ Anmeldetag: 4. 4. 91  
㉕ Offenlegungstag: 8. 10. 92

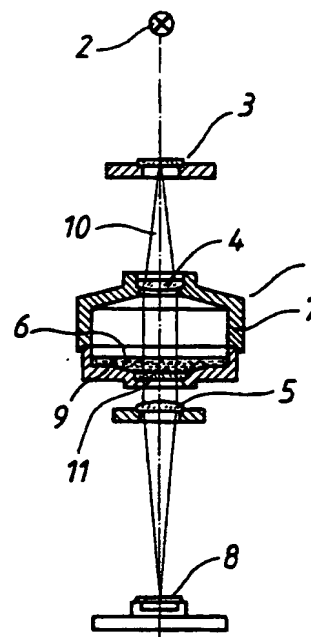
DE 41 10 858 A 1

㉚ Anmelder:  
Leica Heerbrugg AG, Heerbrugg, CH  
  
㉛ Vertreter:  
Stamer, H., Dipl.-Phys., Pat.-Ass., 6331 Steindorf

㉜ Erfinder:  
Piske, Wilfried, Heerbrugg, CH

⑤4 **Zweiachsiger Neigungsmesser**

⑤7 Es wird ein zweiachsiger Neigungsmesser mit einem neigungsempfindlichen und strahlableitenden Sensor (1) beschrieben, über den eine geometrische Figur mit mindestens einem Winkel (13) auf ein Lineararray (8) projiziert wird. Durch die besondere Anordnung und Ausgestaltung der geometrischen Figur wird neben einer hohen Auflösung auch ein großer Meßbereich abgedeckt. Mit dem beschriebenen Neigungsmesser können X-, Y- und sich überlagernde Neigungen gleichzeitig ermittelt werden.



DE 41 10 858 A 1

Die Erfindung betrifft einen zweiachsigen Neigungsmesser gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Derartige Neigungsmesser werden beispielsweise in der Geodäsie zur Horizontierung von geodätischen Meßinstrumenten verwendet. Bei derartigen Neigungsmessern ist ein Element vorgesehen, welches seine Lage in Abhängigkeit von der Schwerkraft verändert. Über dieses Element wird eine Meßmarke auf einen lagestabilen Empfänger abgebildet. Eine sich hier ergebende Lageabweichung zu einem vorher justierten Nullpunkt ist ein Maß für die Neigung des Gerätes.

Ein derartiger Neigungsmesser ist aus der EP 01 61 207 B1 bekannt. Mit einer Spaltbeleuchtung wird über einen Spiegel ein Lichtbündel auf ein kombiniertes Glas-Flüssigkeitsprisma projiziert. Das Prisma weist einen mit Siliconöl gefüllten Behälter auf, wobei über eine Reflexion am Flüssigkeitshorizont und Projektion des Strahls auf ein lichtempfindliches Array die Neigung ermittelt wird. Mit der hier beschriebenen und dargestellten Spaltbeleuchtung kann nur eine einachsige Neigungsrichtung bei eingeschränktem Meßbereich ermittelt werden. Insbesondere bei geodätischen Instrumenten sind jedoch zweiachsige Neigungsmessungen erforderlich.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Neigungsmesser derart weiterzubilden, daß zweiachsige Messungen bei hoher Meßgenauigkeit und großem Meßbereich ermöglicht werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die Erfindung ist in Ausführungsbeispielen dargestellt und wird an Hand der schematischen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Meßanordnung mit Flüssigkeitsprisma im Durchlicht,

Fig. 2 einen Träger mit einer als Fischgrätmuster ausgebildeten geometrischen Figur,

Fig. 3 ein Lineararray mit aufprojiziertem Winkel der geometrischen Figur,

Fig. 4 eine Meßanordnung mit Flüssigkeitsprisma und Strahlenteiler,

Fig. 5 eine Meßanordnung mit Flüssigkeitsprisma und Totalreflektion am Flüssigkeitshorizont,

Fig. 6 eine Meßanordnung mit einem Fadenpendel,

Fig. 7 einen Träger mit einer als Rautenmuster ausgebildeten geometrischen Figur,

Fig. 8 einen Träger mit einer als Mäandermuster ausgebildeten geometrischen Figur,

Fig. 9 einen Träger mit einer geometrischen Figur aus unterbrochenen Einzelwinkeln,

Fig. 10 eine geneigte Meßanordnung mit Flüssigkeitsprisma im Durchlicht.

Die Fig. 1 zeigt eine Anordnung für einen zweiachsigen Neigungsmesser mit einer Lichtquelle 2, von der ein Beleuchtungsstrahlenbündel 10 über einen Träger 3 und ein Flüssigkeitsprisma 1 hindurch abgebildet wird. Im Strahlengang sind eine Optik 4 und 5 angeordnet. Das Flüssigkeitsprisma 1 weist in einem Behälter 7 eine Flüssigkeit 6 auf, die vorzugsweise aus transparentem Siliconöl besteht. Der Behälter 7 wird durch eine transparente Abschlußplatte 11 geschlossen. Mit den beiden Optiken 4, 5 wird ein auf dem Träger 3 vorgesehenes Muster 12; 17; 18 über die Flüssigkeit 6 auf ein Lineararray 8 abgebildet, wobei das Beleuchtungsstrahlenbündel

10 im Bereich der Flüssigkeit 6 parallel verläuft. Die hier beschriebene Anordnung kann sowohl in einem eigenen Gehäuse als auch als Bestandteil in einem geodätischen Meßinstrument angeordnet sein.

In dieser Ausführungsform erfolgt eine Ablenkung des Beleuchtungsstrahlenbündels 10 in X- und Y- Richtung durch Brechung am geneigten Flüssigkeitshorizont 9, wobei sich die Flüssigkeit 6 wie ein optischer Keil verhält.

Die Fig. 2 zeigt den Träger 3 mit einem darauf angeordneten Fischgrätmuster 12 aus einzelnen Winkeln 13, die in unterschiedlicher Strichstärke und in unregelmäßigem Abstand voneinander auf dem Träger 3 angeordnet sind. Durch diese codierte Anordnung wird ein größerer Meßbereich für die Neigungsmessung erreicht. Die Auswertung einer zweiachsigen Neigungsmessung mit einem 90°-Winkel wird an Hand der Fig. 3 näher erläutert.

Die Fig. 3 zeigt das Lineararray 8 mit einem einzelnen aufprojizierten Winkels 13 der geometrischen Figur. Die beiden Schenkel 15, 16 des Winkels 13 schneiden das Array 8 in jeweils einem Punkt A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>.

Als Normallage, d. h. für X und Y liegt keine Neigung vor, wurde die Spitze des Winkel 13 auf die Koordinaten X<sub>0</sub> und Y<sub>0</sub> justiert und rechnerisch ein X-Y-Koordinatensystem festgelegt.

Eine X-Y-Neigung wird aus der Lageabweichung der Spitze des Winkels 13 mit den nachfolgend aufgeführten Formeln ermittelt:

$$Y_s = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$X_s = (A_2 - Y_s) \cdot \operatorname{ctg} \alpha = \frac{A_2 - A_1}{2} \operatorname{ctg} \alpha$$

Zur Auswertung einer Neigung in Y-Richtung verschiebt sich der Winkel 13 auf dem Array 8 entlang der Y-Achse und somit die Spitze des Winkels 13 parallel zum Array 8. Diese Verschiebung wird aus dem Betrag der Strecke Y<sub>s</sub> - Y<sub>0</sub> bestimmt.

Zur Auswertung einer Neigung in X-Richtung verschiebt sich der Winkel 13 parallel zum Array 8 entlang der X-Achse und somit die Spitze des Winkels 13 senkrecht zum Array 8. Diese Verschiebung wird aus dem Betrag der Strecke X<sub>s</sub> - X<sub>0</sub> bestimmt.

Bei einer sich überlagernden Bewegung, d. h. einer Neigung in X- und Y-Richtung, können die Beträge der beiden daraus resultierenden Verschiebungen auf dem Array 8 separat bestimmt werden.

Zur Vereinfachung der Berechnung kann der Winkel 13 mit 90° ausgebildet sein (ctg 45° = 1). Die Meßempfindlichkeit kann jedoch auch durch die Wahl des Winkels verändert werden. Aus o.a. Formeln wird deutlich, daß bei einem Winkel α > 45° die Empfindlichkeit gegen eine X-Y-Verschiebung größer ist als bei α < 45°. Durch die Verwendung einer geometrischen Figur, wie sie beispielsweise zur Fig. 2 bereits beschrieben wurde, wird der Meßbereich erweitert und es können zur Fehlerkompensation mehrere Messungen gleichzeitig durchgeführt werden. Bedingt durch die unterschiedliche Strichstärke und/oder den unterschiedlichen Abstand der einzelnen Winkel 13 zueinander, kann jeder einzelne Winkel 13 an Hand dieser Codierung eindeutig erkannt und in einer nicht mit dargestellten Rechnereinheit ausgewertet werden.

Die Fig. 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel mit einem Teilerprisma 14. Über dieses Teilerprisma 14

wird das Strahlenbündel 10 umgelenkt und am Flüssigkeitshorizont 9 gebrochen. Eine Reflexion des Bildes mit der geometrischen Figur erfolgt am Spiegel 21. Das reflektierte Bild wird über das Prisma 14 auf den Array 8 abgebildet.

In der Fig. 5 ist ein Ausführungsbeispiel mit einem kombinierten Glas-Flüssigkeitsprisma 1 dargestellt, welches sich dadurch auszeichnet, daß bei schräger Beleuchtung das auftreffende Beleuchtungsstrahlenbündel 10 am Flüssigkeitshorizont 9 gespiegelt wird und sich daraus auch bei geringen X-Y-Neigungen eine hohe Ablenkung der Beleuchtungsstrahlenbündels 10 erreichen läßt.

Die Fig. 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Anordnung mit einem Fadenpendel 19, an welchem der Träger 3 mit der geometrischen Struktur angeordnet ist. Der Träger 3 wird mit einer Lichtquelle 2 beleuchtet und das Bild auf das unter dem Träger 3 angeordnete Lineararray 8 projiziert. Wird in dieser Ausführungsform der Abstand zwischen dem Träger 3 und dem Array 8 möglichst klein gewählt, so kann auf die Verwendung von zusätzlichen Optiken verzichtet werden.

Die Fig. 7 zeigt den Träger 3 mit einem darauf angeordneten Rautenmuster 18 aus einzelnen Winkeln 13. Analog zum Ausführungsbeispiel der Fig. 2 können auch hier die einzelnen Winkel 13 in unterschiedlicher Strichstärke ausgeführt sein.

In der Fig. 8 ist der Träger 3 mit einem darauf angeordneten Mäandermuster 19 aus einzelnen, aneinandergereihten Winkeln 13 dargestellt. In dieser Ausführungsform können die einzelnen Winkel 13 in unterschiedlicher Strichstärke und/oder in unterschiedlichem Abstand voneinander auf dem Träger 3 vorgesehen sein.

Die Fig. 9 zeigt eine geometrische Figur mit unterbrochenen Einzelwinkeln. Diese Winkel 22 schränken die Funktion der geometrischen Figur nicht ein, sondern begrenzen lediglich den maximalen Meßbereich in X- oder Y-Richtung.

Die Fig. 10 zeigt analog zur Fig. 1 eine geneigte Meßanordnung in Durchlichtbeleuchtung. Der Flüssigkeitshorizont 9 richtet sich dabei unter Wirkung der Schwerkraft gegenüber dem tatsächlichen Horizont 20 aus und bildet zusammen mit dem Abschlußglas 11 einen optischen Keil, an dem das parallel verlaufende Beleuchtungsstrahlenbündel 10 gebrochen wird. Über die Optik 5 erfolgt die Abbildung der geometrischen Figur auf dem Lineararray 8.

Die Erfindung ist nicht auf geodätische Meßinstrumente beschränkt, sondern ist überall dort als separates Gerät oder auch in Kombination mit einem anderen Instrument zu verwenden, wo X-Y-Neigungen zu erfassen sind.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Flüssigkeitsprisma
- 2 Lichtquelle
- 3 Träger
- 4 Optik
- 5 Optik
- 6 Flüssigkeit
- 7 Behälter
- 8 Lineararray
- 9 Flüssigkeitshorizont
- 10 Beleuchtungsstrahlenbündel
- 11 Abschlußplatte
- 12 Fischgrätmuster
- 13 Winkel

- 14 Teilerprisma
- 15; 16 Schenkel von 13
- 17 Mäandermuster
- 18 Rautenmuster
- 19 Fadenpendel
- 20 Horizont
- 21 Spiegel
- 22 unterbrochener Winkel

#### Patentansprüche

1. Neigungsmesser zur Messung von Neigungen oder Neigungsänderungen in zwei senkrecht zueinander stehenden Richtungen, mit einer Lichtquelle, die einen Träger mit einer geometrischen Figur beleuchtet und diese über einen neigungsempfindlichen und strahlablenkenden Sensor auf einen Lineararray abbildet, dadurch gekennzeichnet, daß die geometrische Figur (12) mindestens einen Winkel (13; 22) aufweist, dessen abgebildete Schenkel (15; 16) das Array (8) an zwei Punkten schneiden.

2. Neigungsmesser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der neigungsempfindliche und strahlablenkende Sensor als mechanisches Pendel (19) ausgebildet und der Träger (3) mit der geometrischen Figur (12) an diesem Pendel (19) angeordnet ist.

3. Neigungsmesser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der neigungsempfindliche und strahlablenkende Sensor als Flüssigkeitsprisma (1) ausgebildet ist.

4. Neigungsmesser nach Anspruch 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß die geometrische Figur mehrere hintereinander zu einem Fischgrätmuster (12) angeordnete Einzelwinkel (13) aufweist.

5. Neigungsmesser nach Anspruch 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß die geometrische Figur ein Rautenmuster (18) mit mehreren Einzelwinkeln (13) aufweist.

6. Neigungsmesser nach Anspruch 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß die geometrische Figur ein Mäandermuster (17) mit mehreren aneinandergereihten Einzelwinkeln (13) aufweist.

7. Neigungsmesser nach Anspruch 4-6, dadurch gekennzeichnet, daß die geometrische Figur Einzelwinkel (13) mit unterschiedlicher Strichdicke aufweist.

8. Neigungsmesser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Flüssigkeitsprisma (1) transparentes Siliconöl aufweist.

9. Neigungsmesser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Projektion im Durchlicht erfolgt.

10. Neigungsmesser nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Projektion über eine Totalreflektion am Horizont (9) der Flüssigkeit (6) erfolgt.

11. Neigungsmesser nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die geometrische Figur mehrere Einzelwinkel (13) mit unterschiedlichen Abständen zueinander aufweist.

12. Neigungsmesser nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein gegeneinander geneigtes Strichmuster die Winkel (13; 22) der geometrischen Figur bilden.

Fig.1

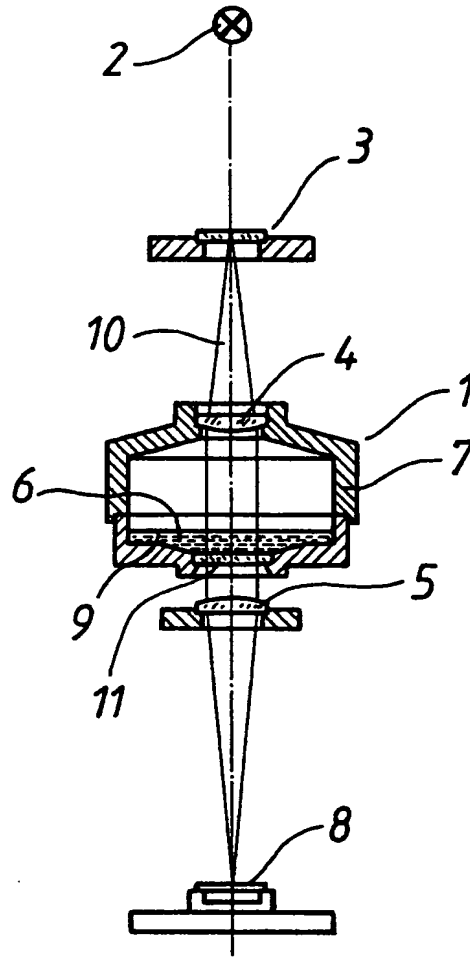
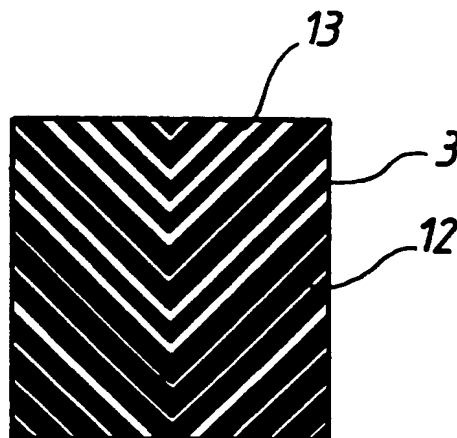


Fig.2



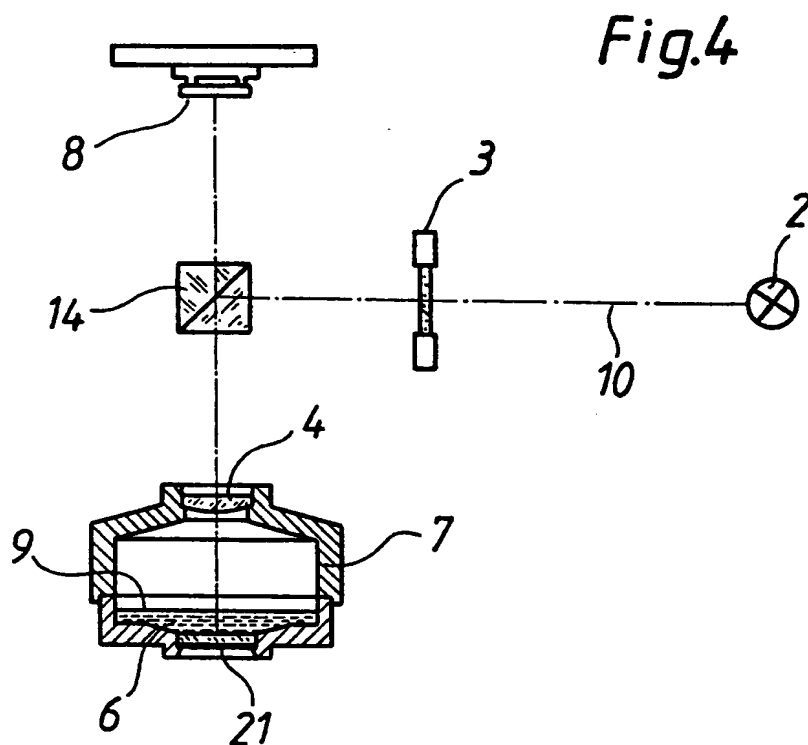
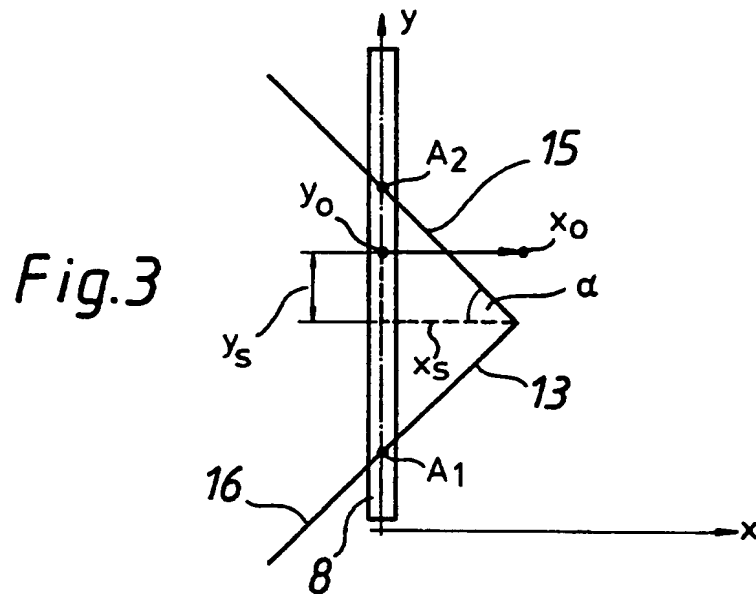


Fig.5

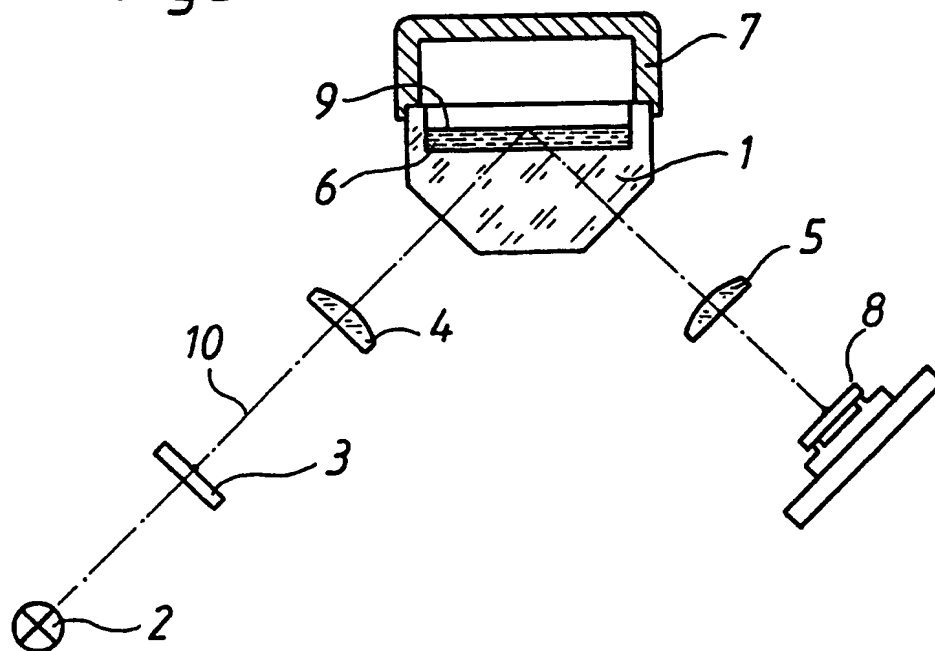
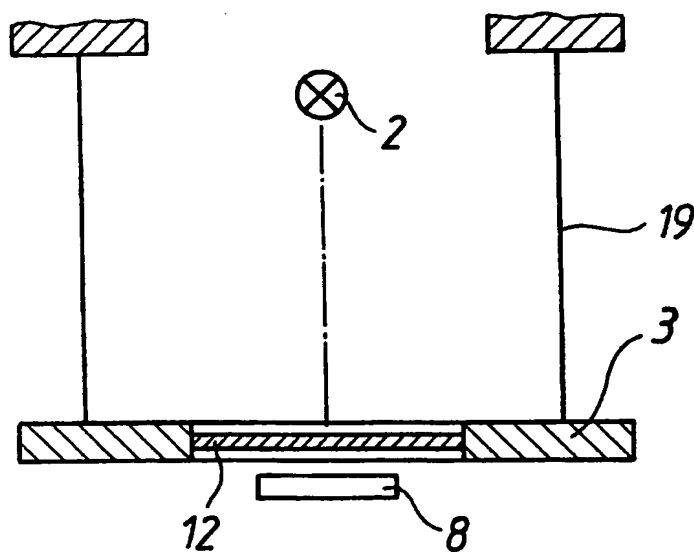
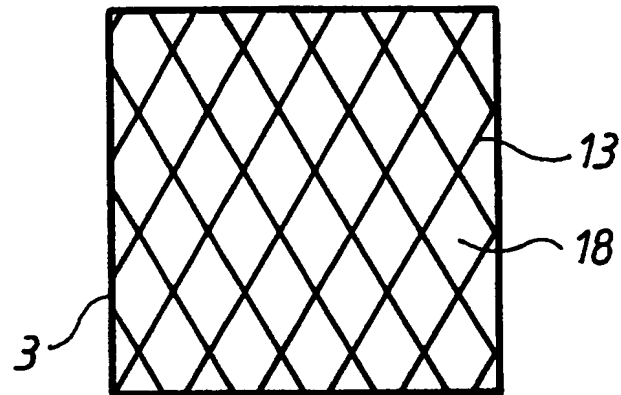


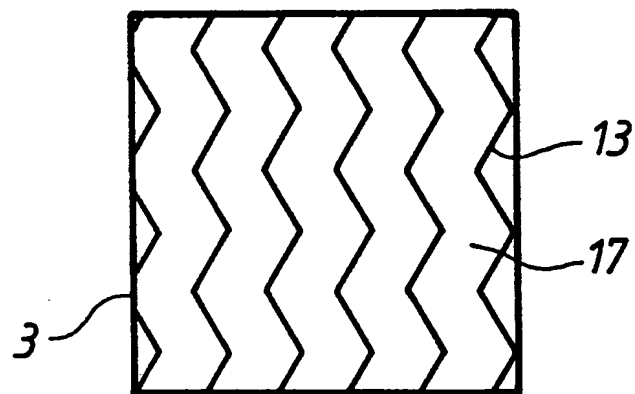
Fig.6



*Fig.7*



*Fig.8*



*Fig.9*

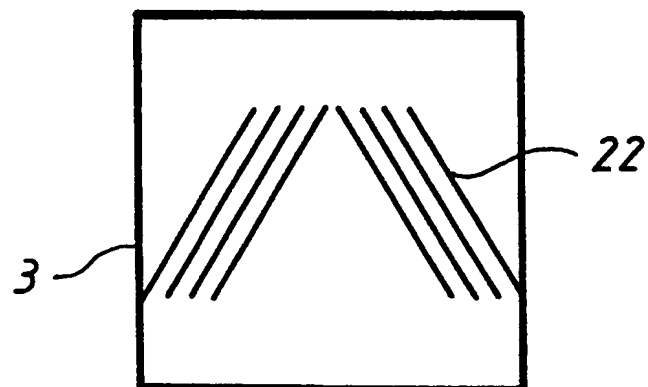


Fig. 10

